



C1P37. EFECTOS DEL ENCALADO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS Y RENDIMIENTO EN UN HAPLUDOL DEL PARTIDO 25 DE MAYO

Machetti, Natalia E.; Pellegrini, Andrea E.; Bruballa, Germán; Ribadulla, Santiago; Gelati, Pablo R.; Nicora, Zacarias; Ferro Daniel A.; García, Mirta G.; Vázquez Mabel E. y Cosentino Diego.

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Avenida 60 y 119 S/N. La Plata. Argentina.
natalia.machetti@agro.edu.ar

RESUMEN

La acidificación de los suelos responde a causas naturales y antrópicas. Para la corrección se recurre al encalado, que eleva el pH produciendo un aumento de las cargas eléctricas negativas y aumenta la capacidad de intercambio catiónica (CIC). También propicia mayor actividad microbiana y con ello mineralización de la materia orgánica lábil. La acidez de los suelos limita el crecimiento de las leguminosas por reducción en la nodulación y deficiencias de Ca y Mg. El objetivo de este trabajo fue evaluar a los 9 y 21 meses el comportamiento de la CIC, pH, carbono orgánico total y particulado, y nitrógeno total, ante la aplicación de diferente dosis de dolomita y el impacto sobre el rendimiento de la alfalfa. Se realizó un ensayo a campo en un *Hapludol* en el Partido de 25 de Mayo, Buenos Aires, con diseño en bloques al azar con 3 repeticiones. Se adicionaron 0, 1.000, 2.000 y 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita (T, D1000, D2000 y D3000 respectivamente) y se sembró alfalfa (*Medicago sativa* L.). El muestreo se realizó a los 9 meses (Muestra 1) y 21 (Muestra 2) meses posteriores al encalado. Las variables analizadas fueron: pH, CIC, carbono orgánico total (COT), carbono orgánico particulado (COP), Nitrógeno total (Nt) y rendimiento (7 cortes: 3 correspondientes a los primeros 9 meses (MS1) y 4 cortes posteriores (MS2)). El pH se incremento conforme a las dosis en los dos momentos de muestreo. La CIC, el CO y el COP no mostraron diferencias significativas entre las distintas dosis, si entre diferentes momentos (p-valor<0,05). El N a los 21 meses presentó diferencias significativas entre D1000 y D2000. El rendimiento de alfalfa en MS1, D2000 presentó incrementos significativos respecto al testigo y en MS2 D2000 y D3000 se diferenciaron estadísticamente del testigo y de D1000. MS2 fue significativamente inferior a MS1 (p<0,05).

Palabras claves: acidez, alfalfa, pH del suelo

INTRODUCCIÓN

La acidificación de los suelos responde a variadas causas naturales y antrópicas, entre las más relevantes se mencionan el lavado de bases y su exportación por la producción agrícola y pecuaria (Vázquez, 2005). Este fenómeno puede derivar en la disminución de la reserva de los nutrientes básicos y su desbalance, además de afectar las propiedades físicas estacionarias y dinámicas, entre otras consecuencias.

Tradicionalmente para la corrección de acidez se han usado productos correctores o enmiendas, tales como calcita, dolomita, cal viva o apagada, entre otros. Estos productos contienen Ca y/o Mg en diferentes proporciones y han dado origen a la práctica denominada encalado. La aplicación de estos materiales básicos produce dos efectos en el suelo, uno nutricional que es el suministro de Ca y/o Mg, y por otra parte, produce un incremento en el pH del suelo, neutralizando los H⁺. Si bien el pH del suelo podría elevarse a través del agregado de otros compuestos, generalmente se emplean los cálcico/magnésicos con el objetivo de reponer estos elementos con funciones nutricionales para los cultivos y microflora edáfica, aprovechando sus características de estructurantes edáficos (Vázquez, 2013). Estos productos pueden aplicarse en cualquier época del año. En general se anticipan algunos meses a la siembra de los cultivos incorporándolos al suelo para favorecer su solubilidad.

La periodicidad de la aplicación de los correctores va desde frecuencias anuales, en situaciones de elevada acidez y cultivos sensibles, a encalados cada 2-4 años, en situaciones menos limitantes, dependiendo de la residualidad en cada sistema suelo-planta (Vázquez, 2013).

En el proceso de encalado, al elevar el pH, se produce un aumento de la carga eléctrica negativa. El valor de la capacidad de intercambio catiónica (CIC) de un suelo depende de la cantidad y tipo de arcilla, humus y pH del medio. La



dependencia de la CIC con la acidez se explica porque a medida que aumenta el pH del suelo se generan nuevas cargas eléctricas negativas en el complejo de cambio. En consecuencia, la CIC no es un valor único, sino que aumenta con el pH y, por lo tanto, con la dosis de enmienda aplicada (Miner, 1995).

El encalado propicia mayor actividad microbiana y con ello la mineralización de la materia orgánica lábil, responsable de la unión de macroagregados (Baldock *et al.*, 1994; Roth & Pavan 1991). Efectos negativos y positivos pueden acontecer incluso en un mismo suelo en escalas de tiempo distintas, como resultantes de cambios en la materia orgánica, por un lado, y el poder estructurante de los cationes divalentes agregados, por el otro (Chan & Heenan, 1998)

El carbono orgánico total (CO) ha mostrado ser menos sensible a cambios de corto plazo producidos por distintas prácticas de manejo, a diferencia de los fraccionamientos de la materia orgánica que si lo son (Galantini & Suñer, 2008). La separación por tamaño del CO se basa en que la fracción del tamaño de las arenas (>53 μm), que recibe el nombre de carbono orgánico particulado (COP), es por lo general más lábil que la fracción de carbono orgánico asociada a las partículas de limo y arcilla. El COP está compuesto por una mezcla de residuos de plantas y animales en diferentes etapas de su transformación, que incluye microorganismos, esporas, polen, semillas, fitolitos y residuos carbonizados (Spycher *et al.*, 1983; Baisden *et al.*, 2002). Esta mezcla tan heterogénea hace que su composición sea muy variable, con características intermedias entre la materia orgánica del suelo y la de los residuos de cultivos (Galantini & Suñer, 2008).

La acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores, en el caso particular de las leguminosas, tiene efecto negativo sobre la simbiosis leguminosa-rizobio causado principalmente por la reducción en el proceso de nodulación (Campillo & Sadzawka). La corrección de la acidez pone en disponibilidad otros nutrientes como el P, promueve la fijación biológica del N, por poner en disponibilidad al Mo, indispensable para la simbiosis (Terron, 2010). La implantación, producción y persistencia de los alfalfares se ven afectados, por sus altos requerimientos de Ca y Mg. Esta especie puede disminuir su rendimiento hasta un 42% si es cultivada a un pH 5,7 (Romero, 2003). El objetivo de este trabajo fue evaluar a los 9 y 21 meses el comportamiento de la CIC, pH, CO, COP y N, ante la aplicación de diferente dosis de dolomita y el impacto sobre el rendimiento de la alfalfa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo a campo con diseño en bloques al azar con 3 repeticiones. El suelo sobre el que se realizó el ensayo fue un *Hapludol* perteneciente a la Serie Ortiz de Rosas con pH de 5,5; CIC 11,63 y 2,98% de MO ubicado en el Partido de 25 de Mayo, Pcia. de Buenos Aires. Los tratamientos consistieron en adición de 0, 1.000, 2.000 y 3.000 kg ha^{-1} de dolomita (T, D1000, D2000 y D3000 respectivamente). La dolomita empleada posee una composición equivalente de $\text{CaO}_2/\text{MgO}_2$ 24% y 22%, con la siguiente granulometría <75 μm : 27 %, 75-250 μm : 40,5 %, >250 μm : 32,5 %. La enmienda se aplicaron el 5/2014, al voleo, de manera manual con incorporación mediante disco. Se fertilizó a la siembra con MAP (100 kg ha^{-1}) y se sembró alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad WL 1058, a razón de 18 kg ha^{-1} .

El muestreo de suelo se realizó a los 9 meses (Muestra 1) y 21 meses (Muestra 2) posteriores al encalado extrayendo una muestra compuesta de 5 submuestras/parcela en la capa de 0-20 cm. Las muestras se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm. Se realizaron las siguientes determinaciones químicas mediante metodología SAGPyA (2004): pH actual (suelo: agua 1:2,5), capacidad de intercambio catiónica (CIC) a pH 7 con acetato de amonio 1 N, el carbono orgánico total (COT) se analizó por el micrométodo de Walkley-Black modificado y Nt por el método micro-Kjeldahl. El carbono particulado (COP) se evaluó por fraccionamiento granulométrico con tamices de 105 y 53 μm , según método de Duval *et al.* (2013).

La evaluación del rendimiento de alfalfa se realizó a partir de cortes de 0,5 m^2 por parcela en 7 momentos diferentes del cultivo. Los cortes en los meses de noviembre y diciembre 2014 y enero 2015, previos al primer muestreo se agruparon en MS1 y los cortes de los meses de abril, mayo, septiembre y diciembre 2015, posteriores al primer muestreo y previos al segundo se agruparon en MS2. El material fue secado a 60°C y posteriormente se determinó su peso.

Los resultados fueron evaluados mediante (ANOVA), comparación (LSD, Tukey), correlación de variables, análisis de correlación (Statistica, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH se incrementó conforme a las dosis en los dos momentos de muestreo. A los 9 meses se diferenció D2000 y D3000 de T, y D3000 de D1000. A los 21 meses las diferencias significativas fueron entre T y D2000/D3000 ($p < 0,05$). No hubo diferencia entre los dos momentos de muestreo (Figura 1). Esto coincide con lo hallado por Vázquez *et al.* (2012) en un suelo *Argiudol típico* bonaerense, donde a posteriori de la aplicación de los productos observaron que el agregado de las diferentes dosis de correctores elevó el pH de la capa de 0-20 cm, manteniéndose estos incrementos después de dos años de efectuada la aplicación.

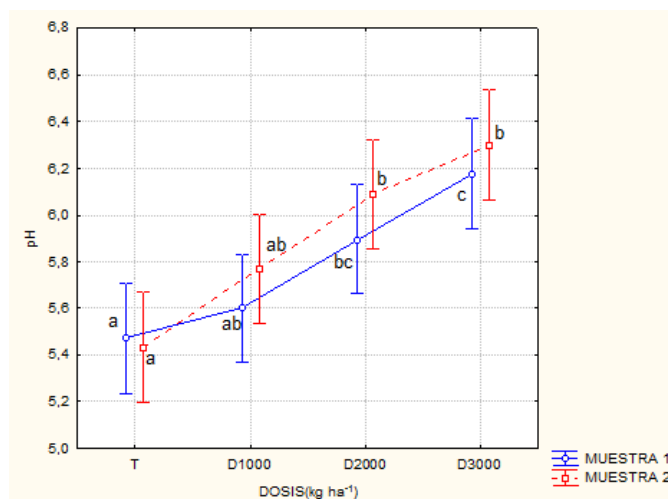


Figura 1: Valores de pH actual (1:2,5 suelo/H₂O) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, para 9 meses (muestra 1) y 21 meses (muestra 2). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo.

Si bien la CIC no mostró diferencias significativas entre las distintas dosis, si lo hizo entre los diferentes momentos de muestreo ($p < 0,05$), presentando una misma tendencia, incrementándose en D1000 y D3000, respecto a T y D2000 (Figura 2). Estos resultados se deberían a que la capacidad de intercambio se encuentra predominantemente en sitios dependientes del pH tanto en superficies de mineral de arcilla como en superficies orgánicas, teniendo la aplicación superficial de la cal y el movimiento resultante de un flujo neutralizante compuesto por aniones alcalinos (OH⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻ (Cregan *et al.*, 1989)) a través del suelo, una influencia considerable en la capacidad de intercambio (Blake *et al.*, 1999).

El contenido de COT, presentó diferencia significativa entre los dos momentos de muestreo ($p < 0,05$) y en ambos momentos una tendencia al incremento solo en D1000. El COT en D2000 y D3000 presentó valores similares o inferiores al testigo (Figura 3).

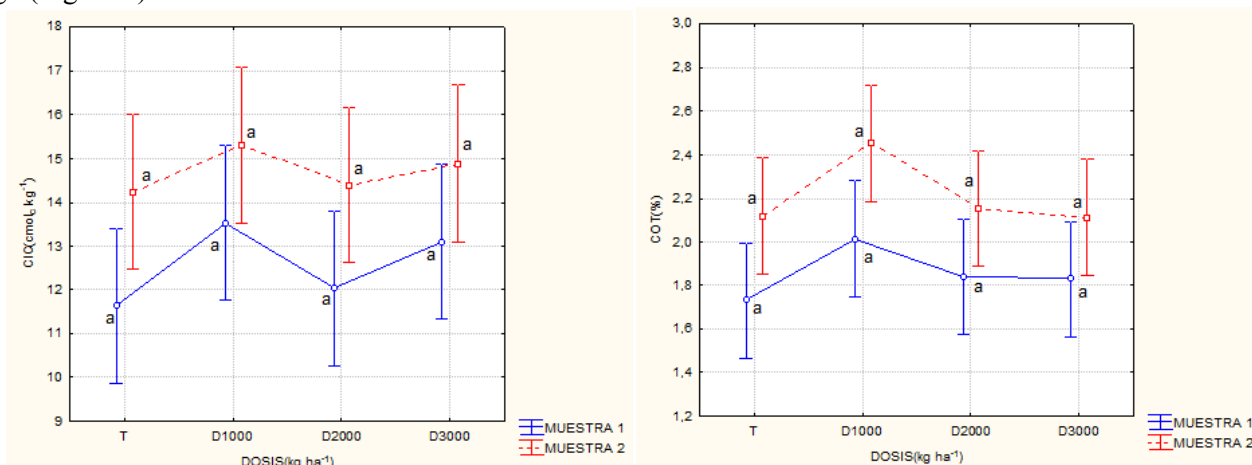


Figura 2 y 3: Valores de CIC ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) y CO (gC kg suelo^{-1}) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha^{-1} , D1= 1.000 kg ha^{-1} D2= 2.000 kg ha^{-1} D3= 3.000 kg ha^{-1} de dolomita, para 9 meses (muestra 1) y 21 meses (muestra 2). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo.

El COP y sus fracciones no mostraron diferencias significativas en ninguno de los dos periodos analizados entre los distintos tratamientos. A los 21 meses de la aplicación del corrector, D2000 tendió a presentar menores contenidos de COP y de sus fracciones que el resto de las dosis. Por otra parte en el segundo muestreo los valores de COP y sus fracciones fueron mayores que en el primero en todos los tratamientos, por lo que no se podría atribuir al factor dosis analizado (Figura 4a y 4b). Se observa un comportamiento similares entre en CO y COP a los 21 meses de comenzado los ensayos. Posiblemente si se evaluaran esta variables en plazos mayores de tiempo podrían hallarse diferencias significativas entre las distintas dosis.

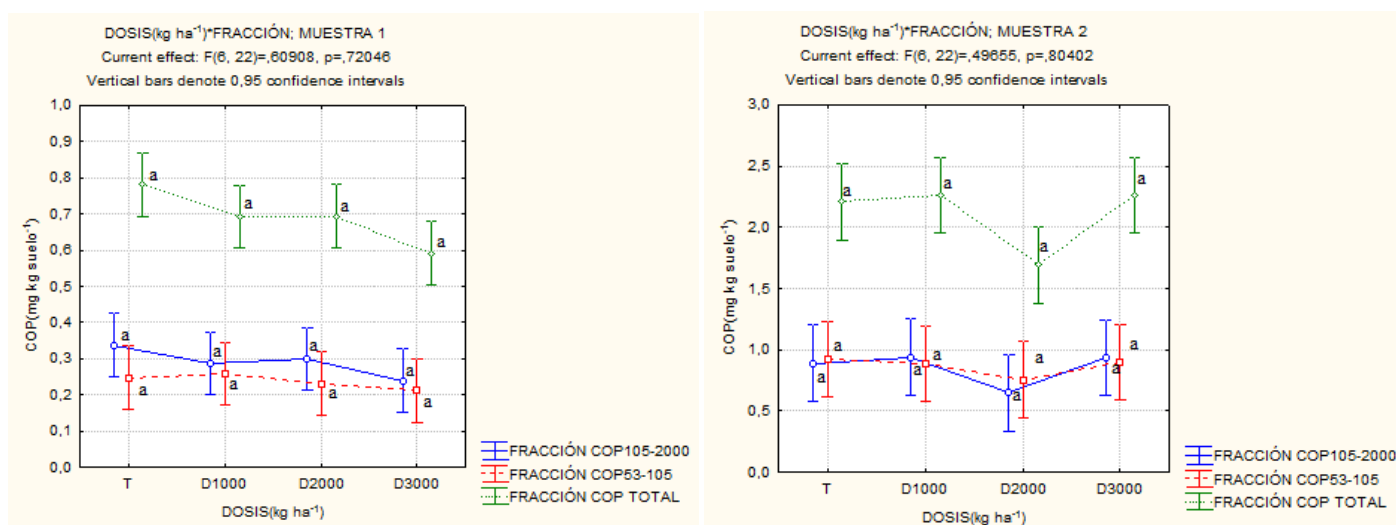


Figura 4a y 4b: Valores de COP Total, COP 105-2000 μm y COP 53-105 μm según tratamiento aplicado: T=0 kg ha^{-1} , D1= 1.000 kg ha^{-1} D2= 2.000 kg ha^{-1} D3= 3.000 kg ha^{-1} de dolomita, para 9 meses (muestra 1) 4a y 21 meses (muestra 2) 4b. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma fracción.

El contenido de Nt medido a los 9 meses no mostró diferencia significativa entre los tratamientos, aunque se observó un menor contenido en D2000. Dicha disminución se asentó a los 21 meses (0,19%) respecto a D1000 (0,24 %) diferenciándose significativamente. El mayor contenido en D1000 en ambos periodos analizados, coincide con los mayores valores de CO, CIC y COP (Figura 5).

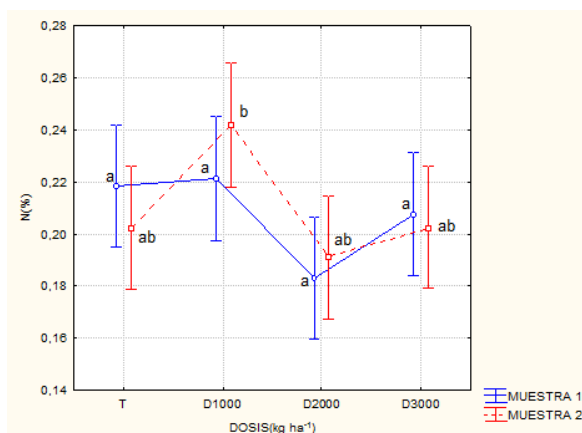


Figura 5: Valores de N (%) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha^{-1} , D1= 1.000 kg ha^{-1} D2= 2.000 kg ha^{-1} D3= 3.000 kg ha^{-1} de dolomita, para 9 meses (muestra 1) y 21 meses (muestra 2). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo.

Respecto a la primera determinación de rendimiento de alfalfa, MS1, D2000 presentó incrementos significativos respecto al testigo. Los tratamientos D1000 y D3000 presentaron solo una tendencia a dicho incremento respecto al testigo. En que lo que respecta a MS2 D2000 y D3000 se diferenciaron estadísticamente del testigo y de D1000. MS2 fue significativamente inferior ($p < 0,05$) a MS1 debido a que corresponde a los meses de menor productividad forrajera. El alcance del máximo rendimiento se alcanzó con D2000 en ambos casos (Figura 6) no diferenciándose de D3000.

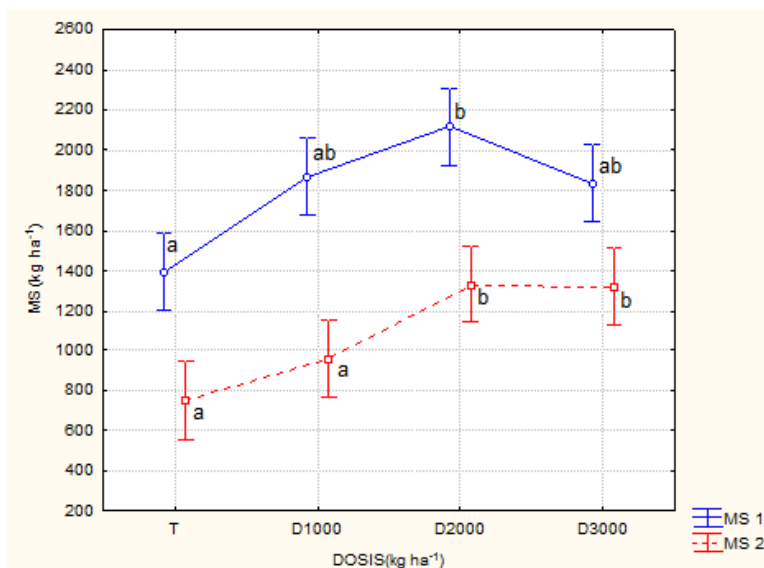


Figura 6: Valores de materia seca (kg ha^{-1}) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha^{-1} , D1= 1.000 kg ha^{-1} D2= 2.000 kg ha^{-1} D3= 3.000 kg ha^{-1} de dolomita, 3 cortes iniciales (MS1) y 4 cortes posteriores (MS2). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo.

Los resultados donde D2000, si bien en algunos casos no presenta diferencia significativa con el resto de los tratamientos, arroja los menores valores en la CIC, contenido CO, COP y N, y por otra parte presenta el mayor rendimiento de alfalfa, podrían deberse a que los microorganismos responsables de la dinámica degradativa de la materia orgánica y por lo tanto del ciclaje del N, P y S orgánico incrementan su nivel de actividad a pH cercanos a la neutralidad (Magra & Ausilio, 2004), con lo cual disminuiría el contenido de materia orgánica (CO, COP, N) incidiendo directamente sobre la CIC. El incremento de la mineralización aumentaría la oferta de nutrientes disponibles para la alfalfa, lo que explicaría el mayor rendimiento en D2000.

No se encontró comportamiento progresivo positivo en D3000 respecto a D2000, ya que dosis elevadas de estas enmiendas podrían promover la acción cementante ejercida por sales poco solubles (CaCO_3 y MgCO_3) (Vázquez *et al.*, 2010), asociado a procesos de disolución y recristalización de carbonato de calcio (Imbellone, 1996). Jacks & Sharma (1995) verificaron fenómenos comparables para dolomita, tanto en sentido vertical como horizontal a lo largo del paisaje, movilizadas inicialmente por disolución y arrastre de CaCO_3 y MgCO_3 . Condiciones de sobresaturación producidas por D3000 podrían tener consecuencias mecánicas negativas para el crecimiento vegetal, y para el desarrollo de microorganismos por la afectación de la circulación de aire y agua.

CONCLUSIONES

La adición de enmiendas produjo aumentos de pH medidos a partir de los 9 y hasta los 21 meses de incorporada la misma. La capacidad de intercambio catiónica, el carbono orgánico total y el carbono orgánico particulado no mostraron sensibilidad a los tratamientos en los plazos estudiados, pero si una tendencia a disminuir con 2000 kg ha^{-1} de dolomita respecto a las dosis restantes. El nitrógeno a los 21 meses también marcó una disminución con 2000 kg ha^{-1} de dolomita diferenciándose de la dosis de 1000 kg ha^{-1} . El rendimiento de alfalfa se vio favorecido con la dosis de 2000 kg ha^{-1} y con 3000 kg ha^{-1} no presentó un incremento progresivo positivo respecto a 2000 kg ha^{-1} en ninguna de las dos muestras.



BIBLIOGRAFÍA

- Baisden, W.T.; R. Amundson; D.L. Brenner; A.C. Cook; C Kendall & J.W. Harden. 2002. A multi-isotope C and N modeling analysis of soil organic matter turnover and transport as a function of soil depth in a California annual grassland soil chronosequence. *Global Biogeochem. Cycles*, 16: 1135.
- Blake, L.; K.W. Goulding; C.J.B. Mott & A.E. Johnston. 1999. Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodlandgrass at Rothamsted Experimental Station, UK. *Eur. J. Soil Sci.* 50: 401-412.
- Baldock, J.A.; M. Aoyama; J.M. Oades; Susanto & C.D. Grant. 1994. Structural amelioration of South Australian Red-Brown earth using calcium and organic amendments. *Aust. J. Soil Res.* 32: 571-594.
- Cregan, P.D.; J.R. Hirth & M.K. Conyers. 1989. Amelioration of soil acidity by liming and other amendments. In: *Soil Acidity and Plant Growth* (ed. A.D. Robson), pp. 205±264. Academic Press, Sydney.
- Campillo R., R.; Sadzawka R., A. s.f. La Acidificación de los Suelos. Origen y Mecanismos Involucrados. INIA. 17 p.
- Chan, K.Y. & D.P. Heenan. 1998. Effect of lime (CaCO₃) application on soil structural stability of a red earth. *Aus. J. Soil Res.* 36: 73-86.
- Duval, M.E.; J.A. Galantini; J.O. Iglesias; S. Canelo; J.M. Martinez & L.Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131: 11-19.
- Galantini, J.A. & Suñer, L. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Facultad de Ciencias Agropecuarias. 15 pp.
- Imbellone, P.1996. Redistribución de carbonato de calcio de sucesiones cuaternarias de la llanura costera bonaerense. *Asociación Argentina de Sedimentología.* 3:63-76.
- Jacks G. & Sharma, V.P. 1995. Geochemistry of calcic horizons in relation to hillslope processes, southern India. *Geoderma* 67:203-214.
- Magra, G. & Ausilio A. 2004. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario. 8/2014. *Rev. Agromensajes.* 5 p.
- Miner, J. A. 1995. *Revista Sustrai.* Edición N°36. 5pp.
- Romero, N. 2003. Alfalfa: limitantes productivas en la región pampeana. Producción bovina de carne. www.produccion-animal.com.ar (última consulta dic. 2017)
- Roth, C.H. & M.A. Pavan. 1991. Effects of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a brazilian Oxisols. *Geoderma* 48: 351-361.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina). Dirección de Producción Agrícola. 2004. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAML). Versión Electrónica. ISBN 987-9184-40-8.
- Spycher, G.; P. Sollins & S. Rose.1983. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: Vertical distribution and seasonal patterns. *Soil Sci.* 135, 79-87.
- STATISTICA, 2011.
- Terron, P. U. 2010. Tratado de fitotecnia general. 2da edicion. Mundi prensa. Madrid. PP 895.
- Vázquez M. 2005. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado. Cap. 8: 161-185. En *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos.* Echeverría H., García F. (Eds). INTA, Buenos Aires, Argentina. 525 p.
- Vázquez, M.; A. Terminiello & G. Millán. 2008. Lixiviación de iones en un suelo tratado con enmiendas carbonáticas y yeso. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 16/5/08, Potrero de Funes, San Luis. ACTAS: 342. Trabajo completo versión electrónica.
- Vázquez M.; A. Terminiello; A. Casciani; G. Millán; P. Gelati; F. Guilino; J. García; J. Kostiria & M. García. 2010. Evaluación del efecto de enmiendas básicas sobre la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y propiedades edáficas en ámbitos templados argentinos. *Ciencia del Suelo* 28(2): 131-140.
- Vázquez, M.; Pagani A. 2013. Calcio y Magnesio. Manejo de Fertilización y Enmiendas.